



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Teoria i metody optymalizacji [N2AiR1-SW>TiMO]

### Przedmiot

Kierunek studiów

Automatyka i robotyka

Rok/Semestr

1/2

Studia w zakresie (specjalność)

Systemy wizyjne

Profil studiów

ogólnoakademicki

Poziom studiów

drugiego stopnia

Język oferowanego przedmiotu

polski

Forma studiów

niestacjonarne

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

20

Laboratorium

0

Inne (np. online)

0

Ćwiczenia

20

Projekty/seminaria

0

### Liczba punktów ECTS

4,00

### Koordynatorzy

dr Szymon Drgas

szymon.drgas@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Student rozpoczynający ten przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z algebry liniowej, rachunku macierzowego, analizy matematycznej i rachunku różniczkowego oraz teorii grafów. Powinien posiadać umiejętność rozwiązywania podstawowych zadań z zakresu algebry, analizy matematycznej i geometrii oraz umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł. Powinien również rozumieć konieczność poszerzania swoich kompetencji, a w zakresie kompetencji społecznych prezentować takie postawy jak: uczciwość, odpowiedzialność, wytrwałość, ciekawość poznawcza, kreatywność, kultura osobista, szacunek dla innych ludzi.

### Cel przedmiotu

Przekazanie studentom podstawowej wiedzy z zakresu teorii i metod optymalizacji, w tym programowania liniowego, programowania nieliniowego i programowania całkowitoliczbowego. Rozwijanie u studentów umiejętności rozwiązywania problemów programowania liniowego metodą Simpleks oraz metodą graficzną, problemów programowania nieliniowego metodą Lagrange'a i metodą KKT oraz metodami gradientowymi, problemów programowania całkowitoliczbowego metodą Gomory'ego..

### Przedmiotowe efekty uczenia się

## Wiedza

zna i rozumie w pogłębionym stopniu wybrane działy matematyki; ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę niezbędną do formułowania i rozwiązywania złożonych zadań z zakresu teorii sterowania, optymalizacji, modelowania, identyfikacji i przetwarzania sygnałów;

K2\_W1

ma uporządkowaną i pogłębioną wiedzę z zakresu modelowania oraz identyfikacji systemów;

K2\_W5

ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie, szczegółową wiedzę w zakresie projektowania i analizy systemów optymalnych;

K2\_W8

## Umiejętności

potrafi krytycznie korzystać z informacji literaturowych, baz danych i innych źródeł w języku polskim i obcym;

K2\_U1

potrafi wyznaczać modele prostych systemów i procesów, a także wykorzystywać je do celów analizy i projektowania układów automatyki i robotyki;

K2\_U10

potrafi przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań obejmujących projektowanie układów automatyki i robotyki dostrzegać ich aspekty pozatechniczne, w tym środowiskowe, ekonomiczne i prawne;

K2\_U14

potrafi krytycznie ocenić i dobrać odpowiednie metody i narzędzia do rozwiązania zadania z zakresu automatyki i robotyki; potrafi wykorzystać narzędzia nowatorskie i niekonwencjonalne z zakresu automatyki i robotyki;

K2\_U22

## Kompetencje społeczne

rozumie potrzebę i zna możliwości ciągłego doskonalenia się – podnoszenia kompetencji zawodowych, osobistych i społecznych, potrafi inspirować i organizować proces uczenia się innych osób;

K2\_K1

posiada świadomość konieczności profesjonalnego podejścia do zagadnień technicznych, skrupulatnego zapoznania się z dokumentacją oraz warunkami środowiskowymi, w których urządzenia i ich elementy mogą funkcjonować;

K2\_K4

jest gotów do myślenia i działania w sposób przedsiębiorczy;

K2\_K5

ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej oraz rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu (w szczególności poprzez środki masowego przekazu) informacji i opinii dotyczących osiągnięć automatyki i robotyki w zakresie prac badawczych i aplikacyjnych oraz innych aspektów działalności inżynierskiej; podejmuje starania, aby przekazywać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały z uzasadnieniem różnych punktów widzenia;

K2\_K6

## Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Efekty kształcenia przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Ocena formująca:

a) w zakresie wykładów:

na podstawie odpowiedzi na pytania dotyczące materiału omówionego na poprzednich wykładach,

b) w zakresie ćwiczeń:

na podstawie oceny bieżącego postępu realizacji zadań.

Ocena podsumowująca:

a) w zakresie wykładów weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:

ocenę wiedzy i umiejętności wykazanych na egzaminie pisemnym o charakterze problemowym egzamin składa się z 5 pytań i zadań dotyczących omawianego na wykładach zakresu zagadnień, za każde pytanie

można zdobyć 2 pkt., czyli łączna liczba punktów za prawidłowe odpowiedzi to 10; skala ocen jest następująca: [5 – 6) 3,0, [6 – 7) 3,5, [7 – 8) 4,0, [8 – 9) 4,5, [9 – 10] 5,0.

omówienie wyników egzaminu,

b) w zakresie ćwiczeń weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez: ocenianie ciągłe, na każdych zajęciach (odpowiedzi ustne) – premiowanie przyrostu umiejętności posługiwania się poznanymi zasadami i metodami,

ocenę nabytej wiedzy i umiejętności poprzez jedno kolokwium w semestrze.

## Treści programowe

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

Wprowadzenie do teorii optymalizacji. Problemy programowania matematycznego. Problemy optymalizacji liniowej i nieliniowej. Podstawy algebry liniowej. Układy równań liniowych  $Ax=b$ . Zbiory wypukłe. Problemy programowania liniowego (PL). Sformułowania problemów programowania liniowego – ogólne, macierzowe i wektorowe. Postać standardowa problemu PL. Własności problemu programowania liniowego w postaci standardowej. Interpretacja graficzna problemu PL. Rozwiązywanie problemów programowania liniowego metodą graficzną. Budowa liniowych modeli decyzyjnych. Przypadki modeli liniowych ciągłych, dyskretnych (całkowitoliczbowych) i zerojedynkowych (0-1 PL). Podstawy teoretyczne metody Simpleks. Tablica przekształceń simpleksowych. Algorytm metody Simpleks. Wyznaczanie początkowego rozwiązania dopuszczalnego bazowego. Rozwiązywanie problemów programowania liniowego metodą Simpleks. Metoda sztucznej bazy. Metoda współczynników kary. Przypadki szczególne problemów programowania liniowego – rozwiązanie optymalne nieskończone i problem sprzeczny (brak rozwiązań dopuszczalnych). Dualność w programowaniu liniowym. Para symetrycznych problemów dualnych. Twierdzenie o dualności.

Optymalizacja dyskretna. Problem programowania całkowitoliczbowego liniowego. Idea metody płaszczyzn odcinających. Algorytm Gomory'ego. Rozwiązywanie problemów programowania całkowitoliczbowego – przykłady.

Programowanie nieliniowe (PNL). Klasyfikacja problemów programowania nieliniowego. Klasyfikacja metod rozwiązywania problemów PNL. Przypadki problemów programowania nieliniowego, które można sprowadzić do problemów PL – hiperboliczna funkcja celu, suma bezwzględnych wartości, maksymalna (minimaksowa) funkcja celu, funkcja celu odcinkami liniowa. Metoda Charnesa-Coopera. Problemy programowania wypukłego. Postać standardowa problemu PNL. Problem programowania nieliniowego z ograniczeniami równościowymi. Funkcja Lagrange'a. Warunki Lagrange'a. Twierdzenie Lagrange'a. Metoda Lagrange'a. Metody gradientowe: gradientowe metody kierunków poprawy, minimalizacja w kierunku. Metody optymalizacji stosowane w sieciach neuronowych.

Problem programowania nieliniowego z ograniczeniami nierównościami. Warunki Karusha-Kuhna-Tuckera (KKT). Twierdzenie KKT. Metoda KKT. Programowanie kwadratowe. Zewnętrzna funkcja kary, wewnętrzna funkcja kary.

## Tematyka zajęć

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

Wprowadzenie do teorii optymalizacji. Problemy programowania matematycznego. Problemy optymalizacji liniowej i nieliniowej. Podstawy algebry liniowej. Układy równań liniowych  $Ax=b$ . Zbiory wypukłe. Problemy programowania liniowego (PL). Sformułowania problemów programowania liniowego – ogólne, macierzowe i wektorowe. Postać standardowa problemu PL. Własności problemu programowania liniowego w postaci standardowej. Interpretacja graficzna problemu PL. Rozwiązywanie problemów programowania liniowego metodą graficzną. Budowa liniowych modeli decyzyjnych. Przypadki modeli liniowych ciągłych, dyskretnych (całkowitoliczbowych) i zerojedynkowych (0-1 PL). Podstawy teoretyczne metody Simpleks. Tablica przekształceń simpleksowych. Algorytm metody Simpleks. Wyznaczanie początkowego rozwiązania dopuszczalnego bazowego. Rozwiązywanie problemów programowania liniowego metodą Simpleks. Metoda sztucznej bazy. Metoda współczynników kary. Przypadki szczególne problemów programowania liniowego – rozwiązanie optymalne nieskończone i problem sprzeczny (brak rozwiązań dopuszczalnych). Dualność w programowaniu liniowym. Para symetrycznych problemów dualnych. Twierdzenie o dualności.

Optymalizacja dyskretna. Problem programowania całkowitoliczbowego liniowego. Idea metody płaszczyzn odcinających. Algorytm Gomory'ego. Rozwiązywanie problemów programowania całkowitoliczbowego – przykłady.

Programowanie nieliniowe (PNL). Klasyfikacja problemów programowania nieliniowego. Klasyfikacja metod rozwiązywania problemów PNL. Przypadki problemów programowania nieliniowego, które można sprowadzić do problemów PL – hiperboliczna funkcja celu, suma bezwzględnych wartości, maksymalna (minimalna) funkcja celu, funkcja celu odcinkami liniowa. Metoda Charnesa-Coopera. Problemy programowania wypukłego. Postać standardowa problemu PNL. Problem programowania nieliniowego z ograniczeniami równościowymi. Funkcja Lagrange'a. Warunki Lagrange'a. Twierdzenie Lagrange'a. Metoda Lagrange'a. Metody gradientowe: gradientowe metody kierunków poprawy, minimalizacja w kierunku. Metody optymalizacji stosowane w sieciach neuronowych.

Problem programowania nieliniowego z ograniczeniami nierównościami. Warunki Karusha-Kuhna-Tuckera (KKT). Twierdzenie KKT. Metoda KKT. Programowanie kwadratowe. Zewnętrzna funkcja kary, wewnętrzna funkcja kary.

Zajęcia ćwiczeniowe prowadzone są w formie piętnastu 2-godzinnych ćwiczeń, Program ćwiczeń obejmuje następujące zagadnienia:

Typy problemów optymalizacyjnych, programowanie liniowe i jego interpretacja graficzna. Rodzaje problemów, które można rozwiązać z wykorzystaniem programowania liniowego.

Metoda simpleks.

Dualne zadanie Lagrange'a do zadania programowania liniowego,

Dualna metoda simpleks.

Optymalizacja nieliniowa bez ograniczeń, warunki optymalności

Metody optymalizacji nieliniowej bez ograniczeń, metoda gradientowa, zagadnienie optymalizacji w kierunku

Metoda najszybszego spadku, metoda Newtona, M

Metody quasi-newtonowskie, metoda gradientu sprzężonego

Analiza zbieżności

Gradientowe metody optymalizacji stosowane w sieciach neuronowych

Optymalizacja nieliniowa z ograniczeniami równościowymi, warunki optymalności dla problemów optymalizacji nieliniowej z ograniczeniami.

Optymalizacja nieliniowa z ograniczeniami nierównościami, warunki optymalności dla problemów optymalizacji nieliniowej z ograniczeniami

Dualne zadanie Lagrange'a, programowanie kwadratowe

Zewnętrzna i wewnętrzna funkcja kary

Kolokwium

## Metody dydaktyczne

wykład: prezentacja multimedialna uzupełniana przykładami podawanymi na tablicy

ćwiczenia: rozwiązywanie zadań, ćwiczenia praktyczne, dyskusja

## Literatura

Podstawowa

1. Wprowadzenie do optymalizacji, Andrzej Stachurski, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2009

2. Linear and nonlinear programming, David Luenberger i Yinyu Ye, Springer, 2008

Uzupełniająca

1. Nonlinear programming, Dimitri Bertsekas, Athena Scientific, Belmont, 2016

## Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	100	4,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	40	1,50
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwii/egzaminu, wykonanie projektu)	60	2,50